

Actuator of piezoelectric or electrostrictive material

Patent number: DE19704389
Publication date: 1998-08-13
Inventor: GESEMANN HANS-JUERGEN DR (DE);
SCHOENECKER ANDREAS DR (DE)
Applicant: FRAUNHOFER GES FORSCHUNG (DE)
Classification:
- international: H01L41/083; H02N2/04; H01L41/18
- european: H01L41/09G
Application number: DE19971004389 19970206
Priority number(s): DE19971004389 19970206

Report a data error here

Abstract of DE19704389

The linear actuator 5 is formed from a stack of laminates of piezoelectric or electrostrictive material to provide a large expansion. The height of the stack is limited by placing it on the surface of the substrate 1. The stack is produced in two sections 2 with a physical gap between them and an electrical interconnection.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Patentschrift
10 DE 197 04 389 C 2

51 Int. Cl.⁶:
H 01 L 41/083
H 02 N 2/04

D2

- 21 Aktenzeichen: 197 04 389.5-35
22 Anmeldetag: 6. 2. 97
43 Offenlegungstag: 13. 8. 98
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 4. 2. 99

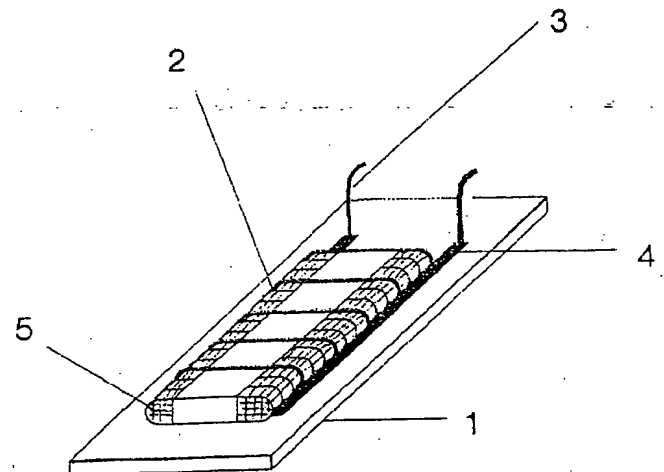
Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

- 73 Patentinhaber:
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung eV, 80636 München, DE
- 74 Vertreter:
Rauschenbach, M., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 01189
Dresden

- 72 Erfinder:
Gesemann, Hans-Jürgen, Dr., 09648 Seifersbach,
DE; Schönecker, Andreas, Dr., 01705 Freital, DE
- 56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
US 55 92 042
US 48 12 698

54 Aktor aus Einzelelementen

- 57 Aktor aus elektrisch angeschlossenen Einzelelementen,
aus piezoelektrischen oder elektrostriktiven Materialien,
bei dem die Einzelelemente (2) aus Stapelaktoren aus
mindestens zwei Schichten bestehen und mindestens
zwei Einzelelemente (2) quer zu ihren Schichten und hin-
tereinander parallel zu ihren Schichten auf ein Substrat
(1) aufgebracht und mit dem Substrat (1) fest verbunden
sind, wobei die mindestens zwei Einzelelemente (2) nicht
fest miteinander verbunden sind.



DE 197 04 389 C 2

Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Keramik und betrifft einen Aktor aus Einzelelementen aus einem piezoelektrischen oder elektrostriktiven Material, wie er z. B. als Biegeelement mit hoher Auslenkung bei großer Blockierkraft eingesetzt werden kann.

Aktoren aus piezoelektrischen oder elektrostriktiven Materialien werden zahlreich in der Technik angewandt und führen im wesentlichen Stellwege aus. Für die verschiedensten Anwendungsfälle werden konkrete Aktoren hergestellt. Bei allen diesen verschiedenen bekannten Aktortypen aus piezoelektrischen oder elektrostriktiven Materialien müssen Kompromisse z. B. hinsichtlich Größe des Stellweges, Steifigkeit (Blockierkraft), Preis, Zuverlässigkeit eingegangen werden.

Bekannt sind Aktoren nach US 4,812,698, bei denen eine piezoelektrische Element auf ein Substrat aufgebracht ist, wobei das piezoelektrische Element aus mehreren hundert Schichten mit dazwischenliegenden Elektroden zusammengesetzt ist. Die Schichtung erfolgt in Dickenrichtung der Schichten und ihre Anordnung ist derart, daß ihre Dehnung in Längsrichtung ausgenutzt wird.

Eine besonders große Auslenkung erreicht der sogenannte Benderaktor der Fa. HCT, Lauf (Prospekt "Benderaktor", 1996). Dieser Benderaktor wird aus einem Stapelaktor hergestellt. Dazu wird ein Stapelaktor (beispielsweise mit ca. 570 Schichten), der in Richtung seiner Längsachse eine besonders große Auslenkung hat, längs, d. h. quer zu den Schichten des Stapelaktors, in ca. 1 mm dicke Scheiben geschnitten. Jeweils eine dieser Scheiben wird danach längs auf ein Al_2O_3 -Substrat aufgeklebt und bildet damit eine Stapelsäule, die über die Längsseiten elektrisch angeschlossen wird. Beim Anlegen der Spannung dehnt sich diese Säule und führt durch die feste Verklebung mit der Unterlage zu einer Verbiegung des Substrates. Die Deformation ist ca. dreimal so groß, wie bei einem herkömmlichen Kontraktor nach dem Stand der Technik, wodurch damit auch die Verbiegung des Substrates entsprechend groß wird.

Diese große Auslenkung entsteht folgendermaßen. Bei dem Stapelaktor wird eine sehr große Auslenkung in Richtung seiner Längsachse erreicht, weil die Dehnung S_3 der einzelnen Schichten in ihrer Dicke (damit in Richtung der Längsachse des Stapelaktors) wesentlich größer ist, als die Kontraktion in Querrichtung S_1 . Die große Deformation der Säule verbiegt den Träger stark.

Ein wesentlicher Mangel dieses Benderaktors und auch der anderen bekannten Aktoren, die eine derart große Auslenkung erreichen, besteht aber in seiner relativ geringen Lebensdauer. Durch die starke Verbiegung wird die quer aufgeklebte lange und dünne Stapelsäule stark deformiert und es kommt relativ schnell zu unkontrollierbaren Rissen im Laminat, die letztendlich nach relativ kurzer Zeit zur Zerstörung dieses Benderaktors führen. Ein weiterer Nachteil der bekannten Aktoren besteht in ihrer komplizierten Herstellung und dem damit verbundenen hohen Preis. Diese beiden Nachteile zusammengenommen, kurze Lebensdauer und hoher Preis, geben diesem Bauteil wohl nur eine Chance für eine Anwendung bei der statischen Verstellung mit wenigen Zyklen.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, einen Aktor aus Einzelelementen aus einem piezoelektrischen oder elektrostriktiven Material anzugeben, der eine vergleichsweise große Auslenkung aufweist, und darüber hinaus eine längere Lebensdauer hat und auf einfache Weise preisgünstiger herstellbar ist.

Die Aufgabe wird durch einen Aktor aus Einzelelementen mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Weiterbildungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

Durch die erfindungsgemäße Lösung werden die Vorteile des Benderaktors nach dem Stand der Technik ausgenutzt und seine Nachteile beseitigt. Es wird kein Gesamtlaminat verwendet sondern ein Bauteil aus Einzelelementen mit dazwischenliegenden "Dehnungslücken".

Die erfindungsgemäße Lösung beruht auf der gefundenen Erkenntnis, daß Stapelaktoren mit geringer Stapelhöhe hintereinander aufgebracht, sozusagen "in Reihe geschaltet", die Unterlage ebenfalls stark verbiegen, wie bei dem Benderaktor. Die geringe Verbiegung, die ein Einzelelement ausübt, wird durch die Hintereinanderaufreihung summiert und führt damit zu vergleichbaren Ergebnissen in Bezug auf die Auslenkung, wie beim Benderaktor.

Die erfindungsgemäße Lösung hat jedoch wesentliche Vorteile gegenüber dem Benderaktor. Bei der Verbiegung des fertigen erfindungsgemäßen Aktors bilden die Abstände zwischen den Einzelelementen und auch die nicht festen Verbindungen der Einzelelemente untereinander kleine Dehnungslücken. Diese Dehnungslücken, die sich bei der Rückführung des erfindungsgemäßen Aktors in die Ausgangslage, wieder zurückbilden, bilden für das gesamte Bauelement eine "Sollbruchstelle". Dadurch wird das Einzelelement bei der Verbiegung in Abhängigkeit von seiner Stapelhöhe in sich nur wenig oder gar nicht verbogen, wodurch kaum ein unkontrollierter Laminatbruch oder eine unkontrollierte Rißbildung auftritt und daß Einzelelement hat somit eine wesentlich höhere Lebensdauer. Diese sich bildenden Dehnungslücken und auch mögliche Abstände zwischen den Einzelelementen haben keinen oder nur einen vernachlässigbaren Einfluß auf die Höhe der Verbiegung. Somit wird für den erfindungsgemäßen Aktor eine wesentlich höhere Lebensdauer erreicht, als bei dem Benderaktor nach dem Stand der Technik.

Weiterhin ist der erfindungsgemäße Aktor wesentlich einfacher herstellbar, als der Benderaktor und ist insgesamt auch wesentlich preisgünstiger. Für den erfindungsgemäßen Aktor können Stapelaktoren mit geringer Stapelhöhe verwendet werden, die ohne weiteres nach dem Verfahren zur Herstellung von MLC-Kondensatoren hergestellt werden können. Dieses Verfahren ist in der Technik eingeführt und die Stapelaktoren können damit in großer Stückzahl und zu einem geringen Preis produziert werden.

Derartige Stapelaktoren können danach mittels ebenfalls in der Elektronikindustrie bekannten und eingeführten Apparaten ausgerichtet und in einer Reihe angeordnet werden. Eine Reihe dieser Stapelaktoren mit einem beliebigen oder keinem Abstand zwischen ihnen kann danach beispielsweise mit einer Klebfolie fixiert und auf ein Al_2O_3 -Substrat aufgeklebt und über die bereits vorhandenen elektrischen Anschlüsse miteinander verschaltet werden.

Durch die erfindungsgemäßen Aktoren werden die piezoelektrischen oder elektrostriktiven Effekte der eingesetzten Materialien ausgenutzt.

Die Erfindung soll an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden. Dabei zeigt Fig. 1 den Aufbau des erfindungsgemäßen Aktors.

Beispiel

Aus einem bekannten Elektrostriktions-Werkstoff $\text{Pb}[\text{Fe}_{1/2}\text{Nb}_{1/2}]\text{O}_3 - \text{Pb}[\text{Fe}_{2/3}\text{W}_{1/3}]\text{O}_3 - \text{Pb}[\text{Ni}_{1/3}\text{Nb}_{2/3}]\text{O}_3 + \text{PbSnO}_3$ werden auf einer Vielschichtkondensatorlinie Stapelaktoren 2 der Größe 0805 hergestellt. Die Schichtdicke der einzelnen Schichten beträgt $15\text{ }\mu\text{m}$ und die Anzahl der Schichten im Stapelaktor 2 beträgt 45. Die Herstellung des Stapelaktors 2 erfolgt in allen Teilschritten nach dem bekannten Verfahren zur Herstellung von MLC-Kondensatoren. Bei der anschließenden automatischen Prüfung jedes einzelnen Stapelaktors 2 weist jeder beim Anlegen einer Spannung von 100 V eine Dehnung von $1\text{ }\mu\text{m}$ auf.

18 derartiger Stapelaktoren 2 werden quer zu ihrem Schichtaufbau und hintereinander längs zu ihrem Schichtaufbau auf eine Klebefolie gesetzt und damit fixiert und dann auf ein vorgefertigtes Al_2O_3 -Stäbchen 1 mit den Abmessungen $20 \times 5 \times 0,3\text{ mm}^3$ aufgeklebt. Auf dem Al_2O_3 -Stäbchen 1 sind zwei Leiterbahnen 4 (Parallelschaltung) aufgebracht, die jeweils mit den kontaktierten Kanten 5 der Stapelaktoren 2 in Berührung gebracht und mit Anschlüssen 3 versehen werden, wodurch eine elektrische Verschaltung aller Stapelaktoren 2 erfolgt ist.

Nach dem Messen der Auslenkung des erfindungsgemäßen elektrostriktiven Aktors mit einem Laserinterferometer sind die in der Tabelle 1 angegebenen Werte ermittelt worden:

Bei einem Vergleich mit dem Benderaktor nach dem Stand der Technik muß eine Normierung der Werte vorgenommen werden, da beide Bauelemente durch unterschiedliche Länge (quadratischer Einfluß) und unterschiedliche Werkstoffe nicht unmittelbar vergleichbar sind.

Tabelle 1

	Benderaktor	erfindungsgemäßer Aktor	
		gemessene Werte	normierte Werte
- Abmessung	$10 \times 1,6 \times 50\text{ mm}^3$	$5 \times 1,6 \times 20\text{ mm}^3$	
- Verbiegung			
bei 100 V	$1000\text{ }\mu\text{m}$	$133\text{ }\mu\text{m}$	$1154\text{ }\mu\text{m}^{1)}$
bei 20 V	$220\text{ }\mu\text{m}$	$50\text{ }\mu\text{m}$	$434\text{ }\mu\text{m}^{1)}$
- Aufbau	aktive Zone: ca. 30 mm mit 400 Schichte	18 Einzelelemente mit je 45 Schichten	
- Dehnung S_3 des Werkstoffes bei 2 kV/mm	$1,4\text{ ‰}$	$1,0\text{ ‰}$	
- Hysterese	20 ‰	keine	

¹⁾ Der Normierungsfaktor beträgt für die Länge 6,2 und für den Werkstoff 1,4.

Hinsichtlich der Auslenkung werden gleich große oder insbesondere im unteren Spannungsbereich verbesserte Werte erreicht. Beim Dauerbetrieb des erfindungsgemäßen Aktors konnten keine Risse oder Beschädigungen festgestellt werden.

Bezugszeichenliste

- 1 Substrat
- 2 Einzelelement, Stapelaktor
- 3 Anschlüsse
- 4 Leiterbahn
- 5 Kontaktierung der Einzelelemente

Patentansprüche

1. Aktor aus elektrisch angeschlossenen Einzelelementen, aus piezoelektrischen oder elektrostriktiven Materialien, bei dem die Einzelelemente (2) aus Stapelaktoren aus mindestens zwei Schichten bestehen und mindestens zwei Einzelelemente (2) quer zu ihren Schichten und hintereinander parallel zu ihren Schichten auf ein Substrat (1) auf-

gebracht und mit dem Substrat (1) fest verbunden sind, wobei die mindestens zwei Einzelelemente (2) nicht fest miteinander verbunden sind.

2. Aktor nach Anspruch 1, bei dem die Stapelaktoren (2) bis 200 Schichten aufweisen.

3. Aktor nach Anspruch 2, bei dem die Stapelaktoren (2) 40 bis 60 Schichten aufweisen.

5 4. Aktor nach Anspruch 1, bei dem 10 bis 20 Einzelelemente (2) hintereinander auf ein Substrat (1) aufgebracht sind.

5. Aktor nach Anspruch 1, bei dem die Einzelelemente (2) auf ein Al_2O_3 -Substrat (1) aufgeklebt sind.

6. Aktor nach Anspruch 1, bei dem zwischen den Einzelelementen (2) ein Abstand besteht.

10 7. Aktor nach Anspruch 6, bei dem zwischen den Einzelelementen (2) ein Abstand von maximal der Länge eines Einzelelementes (2) besteht.

8. Aktor nach Anspruch 1, bei dem zwischen den Einzelelementen (2) kein Abstand besteht.

9. Aktor nach Anspruch 1, bei dem die Einzelelemente (2) über die Längsseiten elektrisch angeschlossen sind.

10. Aktor nach Anspruch 1, bei dem die Einzelelemente (2) in Gruppen mit getrennter Ansteuerung eingeteilt sind.

15

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

20

25

30

35

40

45

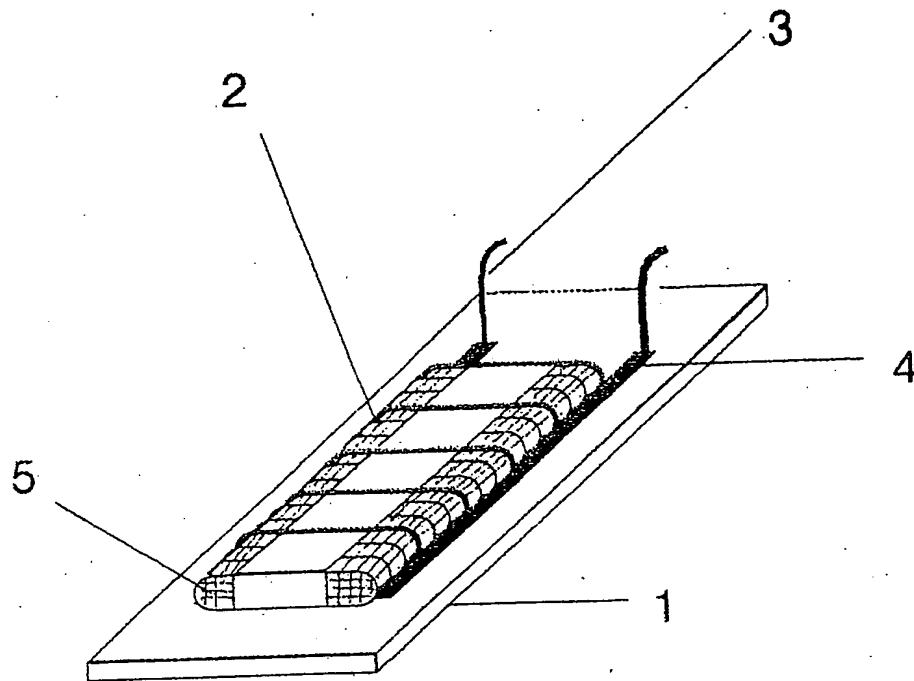
50

55

60

65

- Leerseite -



Actuator of piezoelectric or electrostrictive material

Patent number: DE19704389
Publication date: 1998-08-13
Inventor: GESEMANN HANS-JUERGEN DR (DE); SCHOENECKER ANDREAS DR (DE)
Applicant: FRAUNHOFER GES FORSCHUNG (DE)
Classification:
- **international:** H01L41/083; H02N2/04; H01L41/18
- **european:** H01L41/09G
Application number: DE19971004389 19970206
Priority number(s): DE19971004389 19970206

[Report a data error here](#)**Abstract of DE19704389**

The linear actuator 5 is formed from a stack of laminates of piezoelectric or electrostrictive material to provide a large expansion. The height of the stack is limited by placing it on the surface of the substrate 1. The stack is produced in two sections 2 with a physical gap between them and an electrical interconnection.

Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

This Page is inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLORED OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REPERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images
problems checked, please do not report the
problems to the IFW Image Problem Mailbox**